



Available online at : <http://bit.ly/InfoTekJar>

InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan

ISSN (Print) 2540-7597 | ISSN (Online) 2540-7600



Rancang Bangun Sistem Kendali *Smarthome* Berbasis Elektrooculogram (Eog)

Dewi Lestari¹, Yaddabarullah², Elvan Yuniarti³

¹² Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Industri Kreatif dan Telematika Universitas Trilogi Jakarta

³ Jakarta 2 Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Syarif Hidayatullah Jakarta

KEYWORDS

Elektrooculogram, Arduino Nano, Sensor Elektroda AgCl, *Phyton*

CORRESPONDENCE

Phone: 085697355048

E-mail: dewy24@trilogi.ac.id

A B S T R A C T

Pada tahun 2010 telah ditemukan tiga puluh kelompok penyakit *neuromuscular* atau gangguan syaraf. Penyakit syaraf ini bisa disebabkan karena penyakit diabetes, HIV, polio, stroke dan lain-lain. Pada tahun 2014 telah diteliti sebanyak rata-rata 0.05 sampai 9 atau (1-10) dalam seratus ribu populasi penderita penyakit gangguan syaraf pertahun. Penderita gangguan syaraf ini tidak bisa melakukan aktivitas oleh karena itu memerlukan alat bantu berupa tombol, joystick, keyboard atau piranti interfase yang dapat membantu untuk melakukan aktivitas. Penelitian ini akan merancang bangun Sistem kendali *smart home* yang berbasis sinyal elektrooculogram yang dapat membantu aktivitas penderita gangguan saraf ataupun cacat sehingga dapat menyalakan lampu, kipas dan pintu dengan motor servo. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini elektroda AgCl yang selanjutnya akan dikuatkan dengan penguat instrumentasi dan difilter. Kemudian sinyal tersebut akan di inputkan ke dalam Arduino yang akan mengendalikan output untuk menyalakan lampu, kipas angin dan motor servo. Hasil dari penelitian ini didapatkan penguatan instrumentasi untuk EOG sebesar 2010 kali dan frekuensi *cut off low pass filter* 16 Hz. Sinyal yang dihasilkan untuk bola mata melirik kekanan memiliki batas rata-rata tegangan ≥ 2.13 volt dan bola mata melirik ke kiri batas rata-rata tegangan ≤ 2.078 volt. Serta pengujian terhadap responden tiga orang memiliki nilai akurasi bola mata kekanan 80%, bola mata ke kiri 82% dan bola mata normal 90%.

PENDAHULUAN

Penderita gangguan syaraf di dunia telah diteliti dari tahun 1991 oleh banyak peneliti. Pada tahun 2010 telah ditemukan tiga puluh kelompok penyakit *neuromuscular* atau gangguan syaraf. Penyakit syaraf ini bisa disebabkan karena penyakit diabetes, HIV, polio, stroke dan lain-lain. Pada tahun 2014 telah diteliti sebanyak rata-rata 0.05 sampai 9 atau (1-10) dalam seratus ribu populasi penderita penyakit gangguan syaraf pertahun [1]. Penderita gangguan syaraf ini tidak bisa melakukan aktivitas oleh karena itu memerlukan alat bantu berupa tombol, joystick, keyboard atau piranti interfase yang dapat membantu untuk melakukan aktivitas. Suatu piranti yang menghubungkan antar manusia dengan mesin dikenal dengan *Human Mechine Interface* (HMI). Teknologi ini dapat membantu dalam mengontrol aktivitas

Perkembangan HMI berdasar dari aktivitas sinyal biologi seperti sinyal *electroencephalography* (EEG) dan *electrooculography* (EOG). Beberapa permasalahan dari sinyal otak (EEG) memiliki permasalahan akibat gangguan sinyal dan memiliki rata-rata kesalahan cukup besar dari sinyal otak akibat ketidakstabilan. Oleh karena itu dikembangkan HMI berdasarkan sinyal bola mata (EOG) bagi yang matanya dapat berfungsi. Bola mata merupakan

salah satu panca indera yang menghasilkan sinyal bioelektrik. Setiap pergerakan bola mata menghasilkan potensial listrik untuk setiap titik yang berbeda. Hal ini dapat di manfaatkan pada teknologi *Human Mechine Interface* (HMI). Teknologi yang menggunakan aplikasi ini, banyak digunakan dibidang medis maupun sistem kendali, industri robot. Pada bidang medis, sistem *electrooculogram* dimanfaatkan untuk diagnosis beberapa gangguan saraf mata. Selain itu *electrooculogram* dapat menjadi sistem kendali bagi pasien yang memiliki gangguan saraf mengakibatkan ototnya lemah, tidak mampu berbicara maupun bergerak. Pasien cukup menggerakkan bola matanya untuk menggerakkan kursi rodanya atau menyalakan dan mematikan lampu [2]. Sinyal *electrooculogram* (EOG) dapat juga digunakan untuk meningkatkan kemampuan komunikasi serta kualitas hidup para penyandang cacat [3]. Pada penelitian ini sinyal EOG digunakan untuk sistem kendali *smart home*. Alat-alat yang dikendalikan oleh sinyal EOG lampu rumah, kipas angin dan pintu rumah. Dengan cara menggerakkan bola mata ke kiri, kekanan, keatas kebawah maka akan terjadi perbedaan beda potensial diantara Gerakan tersebut, sehingga bisa digunakan sebagai pengendali. Sinyal yang dihasilkan oleh sinyal EOG ini sangat kecil, sehingga perlu diberikan penguat instrumentasi dan rangkaian filter supaya dapat terbaca jelas dan dianalisa didalam sistem mikrokontroler. Pemograman yang dilakukan untuk

[Attribution-NonCommercial 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Some rights reserved

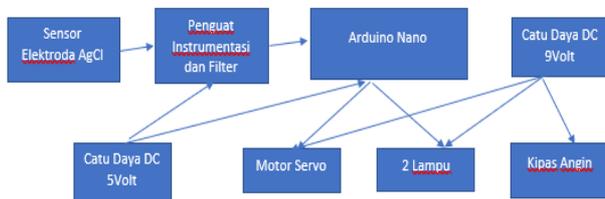
pengolahan sinyal EOG sebagai pengendali ini ada dua yaitu pemrograman di Arduino IDE dan Python. Dimana Arduino ide sebagai input dan python output secara realtime.

METODE PENELITIAN

Perancangan sistem kendali *smart home* ini dilakukan di pusat laboratorium terpadu Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Metode ini terdiri dari sistem perancangan alat, pemasangan alat, penentuan nilai penguat dan pengujian.

Sistem perancangan dan Pemasangan Sensor Elektroda

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sensor Elektroda AgCl, Rangkaian penguat instrumentasi yang didalamnya juga terdapat *filter low pass* dan *adder*, Arduino Nano, Relay, Lampu, kipas angin, motor servo servo dan program Arduino serta program *python* untuk hasil tampilan grafik gerakan bola mata. Berikut ini bentuk diagram blok alat sistem kendali *smarthome* berbasis *EOG*.



Gambar 1. Diagram Blok

Diagram blok diatas dapat dijelaskan terdapat sensor Elektroda AgCl sebagai alat deteksi gerakan bola mata. Rangkaian penguat instrumentasi dan filter sebagai penguat dari hasil input elektroda serta filter untuk memfilter hasil inputan dari penguat, karena terlalu banyak noise. Arduino Nano sebagai sistem penghubung antara input dan output. Sedangkan motor servo, 2 lampu dan kipas angin sebagai output. Penguat instrumentasi dan Arduino nano memerlukan tegangan DC 5 volt dan output sensor pintu, 2 lampu dan kipas angin memerlukan tegangan DC sebesar 9 volt.

Pemasangan Sensor Elektroda pada mata ini dipasang dengan lima bagian yaitu

- Bagian mata horizontal sebelah kanan
- Bagian mata horizontal sebelah kiri
- Bagian mata vertical sebelah atas
- Bagian mata vertical sebelah bawah
- Bagian tengah atas mata.

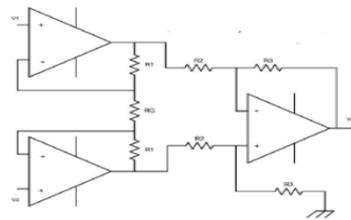
Berikut gambar cara pemasangan sensor Elektroda dengan lima posisi untuk deteksi gerakan bola mata.



Gambar 2. Peletakan sensor Elektroda AgCl

Penentuan nilai penguat dan pemfilteran EOG

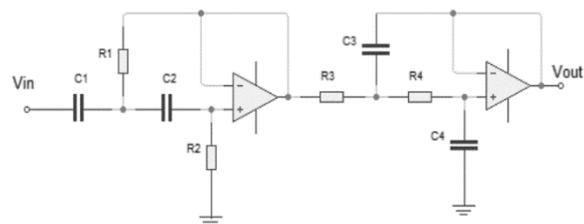
Sinyal mata yang dihasilkan sangat kecil atau jika diukur menghasilkan tegangan yang kecil, sehingga pada penelitian ini dibuat rangkaian penguat instrumentasi sebagai berikut



Dari rangkaian dapat ditentukan besarnya nilai tegangan keluaran pada persamaan dibawah ini

$$V_{out} = (1 + \frac{2R_1}{R_g})(\frac{R_3}{R_2})(V_2 - V_1) \quad (2.1)$$

Setelah dilakukan penguatan maka sinyal akan difilter dengan high pass filter dan low pass filter.



Dibawah ini adalah persamaan dari gambar menentukan nilai frekuensi *cut off* untuk *high pass filter* dengan satuan hertz

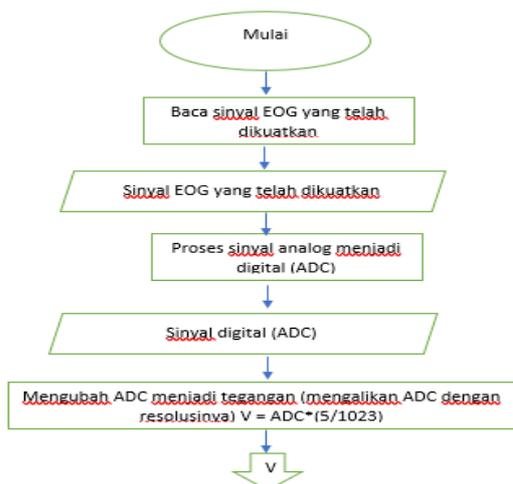
$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}} \quad (2.2)$$

Menentukan frekuensi *cut off* untuk *low pass filter* dengan satuan hertz

$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_3R_4C_3C_4}} \quad (2.3)$$

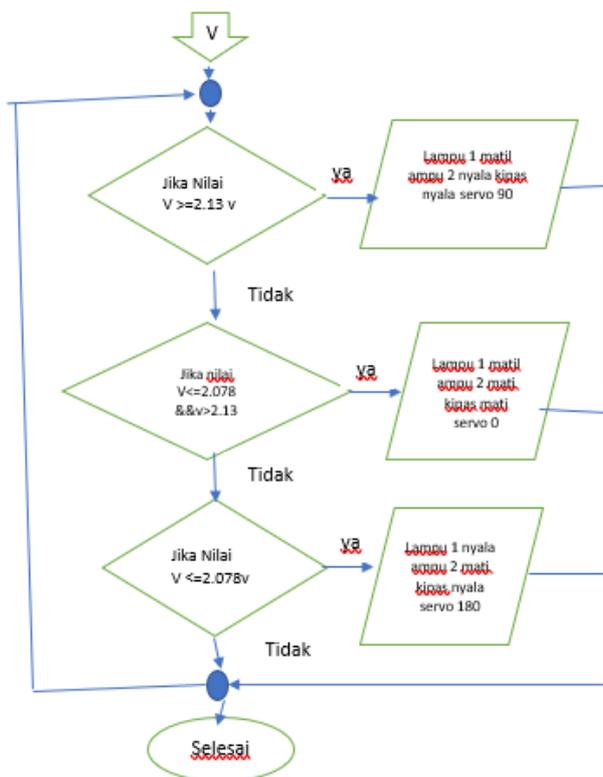
Sistem kerja dan pengujian alat

sistem kerja pertama adalah bagaimana arduino nano membaca nilai sensor yang dihasilkan oleh elektroda AgCl.



Gambar 3. Flowchart pembacaan sensor Elektroda

Sensor elektroda dibaca oleh pin analog aduino nano dan diubah menjadi tegangan 1-5 volt. Selanjutnya berikut ini sistem kerja pengelolaan sinyal EOG yang telah dihasilkan.



Gambar 4. Flowchart perangkat lunak

Program yang digunakan dalam pengujian alat ini ada dua yaitu pemrograman Arduino dan python. Penggunaan program Arduino sebagai inputan sinyal analog dari EOG digunakan pin A1 berikut programnya

```

const int analogIn = A1;
int analogVal;
float EOG;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  analogVal = analogRead(analogIn);
  EOG = analogVal * 0.0048875855327468;
  //String dataToSend = String(EOG);
  //Serial.println(dataToSend);
  Serial.println(EOG);
  delay(700);
}
  
```

Adapun untuk pembacaan grafik di *python 3.8.5* dengan code untuk pembacaan realtime Arduino adalah

```
serialArduino = serial.Serial('com8',9600)
```

dengan terbacanya com 8 arduino maka program *python* dapat dijalankan.

```

ujiserial_py.py - C:\Users\U S E R\AppData\Local\Programs\Python\Python38\ujiserial_py.py (3.8.5)
File Edit Format Run Options Window Help

import serial
import matplotlib.pyplot as plt
from drawnow import *

values = []

plt.ion()
cnt=0

serialArduino = serial.Serial('com5',9600)

def plotValues():
    plt.title('Hasil Sinyal EOG')
    plt.grid(True)
    plt.ylabel('Tegangan')
    plt.xlabel('Waktu(s)')
    plt.plot(values, 'rx-', label='Tegangan')
    plt.legend(loc='upper right')
    plt.ylim((0, 6))

#pre-load dummy data
for i in range(0,26):
    values.append(0)

while True:
    while (serialArduino.inWaiting()==0):
        pass
    valueRead = serialArduino.readline()

    #check if valid value can be casted
    try:
        valueInInt = float(valueRead)
        print(valueInInt)
        if valueInInt <= 10:
            if valueInInt >= 0:
                values.append(valueInInt)
                values.pop(0)
                drawnow(plotValues)
            else:
                print ("Invalid! negative number")
        else:
            pass
  
```

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan sistem kendali *Smart Home* berbasis EOG memiliki perancangan dibawah ini yang terdiri dari satu box sebagai kontrol yang didalamnya ada rangkaian penguat dan Arduino Nano serta penghubung antara rangkaian penguat dan Arduino Nano. Bagian luar box ada outputnya berupa dua buah lampu, kipas angin dan motor servo serta ada power supllay sebesar 5 volt dan 9 volt. Dan lima buah elektroda AgCl sebagai sensor yang menangkap sinyal dari gerakan bola mata.



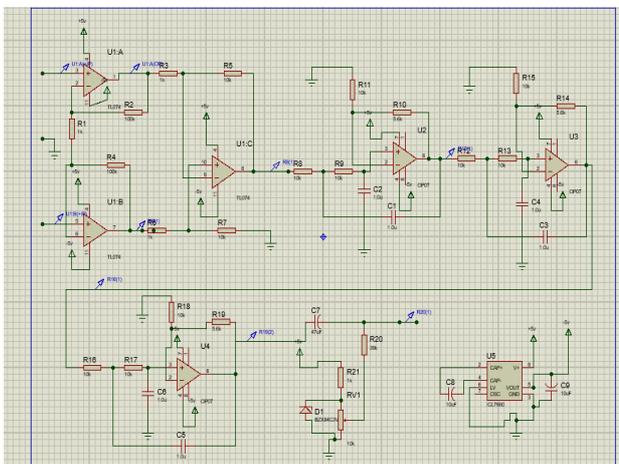
Gambar 5. Hasil prototipe alat smarthome berbasis EOG

Bagian bawah box EOG diatas terdapat hasil rangkaian penguat instrumentasi dan filter, dimana tanda hijau menunjukan input sinyal EOG dan tanda orange menunjukan output dan power sinyal EOG. Tegangan yang diberikan untuk rangkaian ini adalah tegangan DC sebesar 5 volt.



Gambar 6. Hasil penguatan dan filter

Gambar diatas memiliki rangkaian dibawah ini yang terdiri dari penguatan instrumentasi, *low pass filter* sebanyak tiga kali dan rangkaian *adder*. IC yang digunakan sebagai rangkaian penguat instrumentasi OP-Amp TL074 dan untuk rangkaian *low pass filter* ICOP07H.



Gambar 7. Hasil Rangkaian penguatan dan Filter

Pada rangkaian diatas sinyal dikuatkan dengan rangkaian penguat instrumentasi yang dengan menggunakan persamaan 2.1 dihasilkan besarnya penguatan 2010 kali. Setelah sinyal dikuatkan selanjutnya sinyal difilter menggunakan *low pass filter* untuk melewatkan frekuensi rendah dan meredam frekuensi tinggi sebanyak 3 buah filter. *Low pass filter* disini akan memberikan output yang tetap dimulai pada frekuensi dibawah *cutoff* dan tidak mengeluarkan output jika frekuensi input berada diatas frekuensi *cutoff*. Besarnya frekuensi *cut off* untuk *low pass filter* dapat dihitung dengan persamaan 2.2. dan menghasilkan sebesar 16 Hz. Serta besar rangkaian penguat dari filter sebanyak 1.56 kali. Selanjutnya ada rangkaian *adder* yang berfungsi untuk menaikkan tegangan referensi pada sinyal EOG dengan komponen diode Zener sebagai clamper dan variable resistor sebagai setting tegangan referensi sehingga referensi dapat naik dari titik nol. Dan rangkaian yang terpisah itu adalah rangkaian yang merubah dari tegangan DC 5 volt menjadi +5volt dan -5volt. Ic yang digunakan dalam rangkaian tersebut IC 7660.

Hasil pengujian sinyal EOG

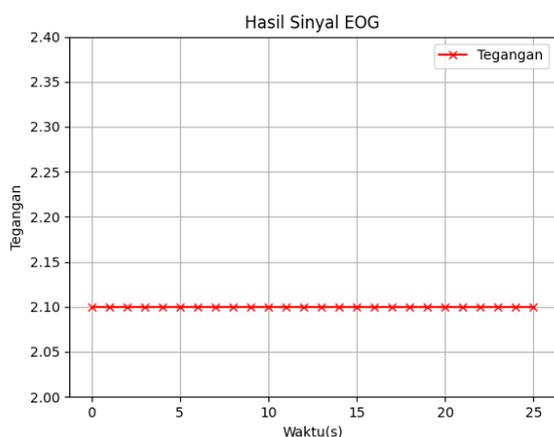
Pengujian dilakukan pada malam hari dengan tiga langkan yaitu pengujian pertama pengujian untuk mengetahui batas nilai tegangan yang dihasilkan oleh bola mata saat bergerak kekiri, kekanan dan lurus. Pengujian kedua dilakukan untuk sistem kendalia alat berupa dua buah lampu, kipas dan satu buah motor servo. Pengujian ketiga dengan hasil respon alat untuk mengetahui akurasi dan error alat.

Hasil pengujian pertama bola mata untuk grafiknya dilakukan dalam program *python 3.8.5* yang dapat secara realtime membaca hasil sensor elektroda yang dihubungkan ke Arduino Nano pin analog A1. Hasil pengujian untuk lima kali pengujian menghasilkan batas nilai tegangan yang berbeda-beda sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Batas pergerakan bola mata dalam volt

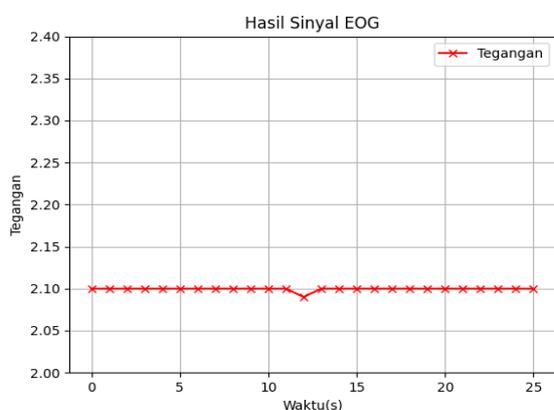
No	Batas tegangan normal	Batas tegangan kekanan	Batas tegangan kekiri
1	2.10	2.12	2.09
2	2.11	2.14	2.05
3	2.10	2.14	2.10
4	2.11	2.13	2.07
5	2.10	2.12	2.08
Rata-rata	2.105	2.13	2,078

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai batas rata-rata batas tegangan antara bola mata yang lurus atau normal sebesar 2.105, bola mata melirik kekanan ≥ 2.13 volt dan bola mata melirik kekiri $\leq 2,078$ volt. Batas tegangan ini dibuat untuk membuat program Arduino IDE dalam sistem kendali *smarthome* berbasis EOG. Grafik dibawah ini merupakan hasil awal sinyal sebelum dan saat awal dipasang elektroda pada bola mata. Tegangan yang dihasilkan besarnya 2.10 volt.



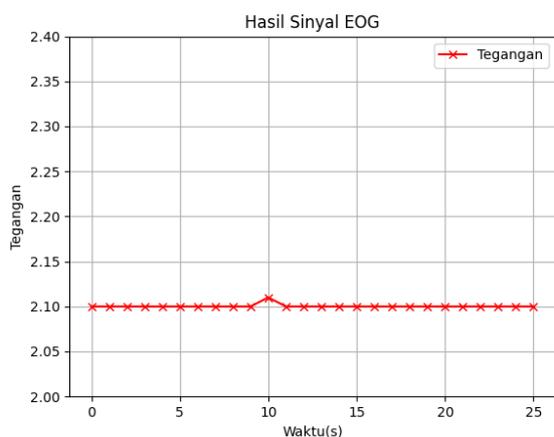
Gambar 7. Hasil sinyal bola mata normal

Salah satu besar tegangan yang dihasilkan saat bola mata melirik ke kiri yaitu 2.09 volt. dan untuk nilai tegangan ini bisa berubah-ubah saat mata mulai bergerak, akan tetapi nilai tegangannya nya tidak lebih dari 2.10 volt.



Gambar 8. Grafik bola mata bergerak ke kiri

Saat bola mata melirik ke kanan memiliki nilai tegangan yang besarnya diatas 2.10 volt, dibawah ini menunjukkan gambar grafik mata ke kanan yang memiliki tegangan sebesar 2.12 volt. Bola mata ke arah kanan memiliki tegangan yang lebih tinggi dibandingkan bola mata ke kiri.



Gambar 9. Grafik bola mata bergerak ke kanan

Pengujian EOG untuk Smart Home

Alat yang kendalikan EOG untuk *smarthome* ini adalah dua buah lampu, kipas angin, dan motor servo. Pada pengujian ini terdapat dua lampu yang memiliki daya 5 watt, lampu yang digunakan disini memiliki tegangan DC 9volt. Karena jika menggunakan tegangan AC sangat berbahaya bagi bola mata. Dalam pengujian ada tiga buah pengujian yaitu pengujian pertama untuk mata lurus atau kondisi normal, pengujian kedua saat bola mata melirik kekanan dan saat bola mata melirik ke kiri. Tabel berikut ini menunjukkan hasil kendali *smart home* sebanyak lima kali pengujian.

Tabel 2. Hasil pengujian *smart home*

Pengujian	Kondisi mata	Lampu 1	Lampu 2	Kipas angin	Motor servo
1	Normal	Mati	Mati	Mati	0 ⁰
2	Ke kanan	Mati	Menyala	Menyala	90 ⁰
3	Ke kiri	Menyala	Mati	Menyala	180 ⁰
4	Normal	Menyala	Mati	Mati	0 ⁰
5	Ke kanan	Mati	Menyala	Menyala	90 ⁰

Ketika bola mata normal pengaturan kondisinya yaitu lampu pertama, lampu kedua serta kipas mati. Motor servo 0⁰ menunjukkan pintu tertutup. Kondisi bola mata kekanan menunjukkan lampu satu mati, lampu dua dan kipas angin menyala, serta kondisi motor servo 90⁰ menunjukkan pintu terbuka setengah. Ketiga saat bola mata melirik ke kiri maka lampu satu menyala, lampu dua mati, kipas angin menyala dan motor servo 180⁰ menunjukkan bahwa pintu tertutup. Dibawah ini gambar yang menunjukkan kondisi bola mata normal, melirik ke kiri dan melirik kekanan.



Gambar 10. Hasil smart home berbasis EOG saat bola mata normal



Gambar 11. Hasil smart home berbasis EOG saat bola mata melirik ke kiri



Gambar 12. Hasil smart home berbasis EOG saat bola mata melirik ke kiri

Pengujian selanjutnya terhadap tiga orang respon untuk mengetahui keakuratan alat. Pengujian ini dilakukan dengan pengulangan sebanyak 10 kali untuk tiga jenis kondisi mata yaitu normal, melirik kekanan, dan melirik ke kiri. Dari pengujian yang telah dilakukan dihasilkan nilai akurasi dan error dibawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian terhadap tiga subjek

No	Kekanan		Kekiri		Normal	
	Akurasi	Error	Akurasi	Error	Akurasi	Error
1	90%	10%	90%	20%	100%	0%
2	75%	15%	75%	15%	90%	10%
3	75%	15%	80%	20%	80%	10%
Rata2	80%	20%	82%	18%	90%	10%

Dari hasil pengujian diatas dapat diperoleh nilai rata-rata untuk akurasi bola mata saat melirik kekanan sebesar 80%, akurasi untuk bola mata melirik ke kiri sebesar 82% dan akurasi untuk mata normal sebesar 90%. Sedangkan error yang dihasilkan untuk mata melirik kekanan sebesar 20%, bola mata melirik ke kiri 18% dan mata normal 10%. Error yang terjadi karena pergerakan bola mata dapat berbeda-beda sehingga tegangan yang dihasilkan tidak sesuai dengan nilai batas yang ditetapkan. Selain itu terjadi waktu pergerakan bola mata yang ditahan terlalu lama mengakibatkan respon seperti bergerak ke arah yang berbeda. Dan ketika pergerakan bola mata dengan waktu yang singkat maka tegangan yang dihasilkan tidak sampai pada pergerakan bola mata batas. Selain itu juga dipengaruhi oleh adanya nilai tegangan input yang tidak stabil untuk penguat.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan tentang rancang bangun sistem kendali berbasis EOG dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat bekerja dengan baik dan penguatan yang dihasilkan pada alat ini adalah 2010 kali dan frekuensi *cut off* nya adalah 16 Hz dengan penguat 1.56 kali. Batas rata-rata tegangan yang dihasilkan saat mata normal yaitu 2,105 volt, bola mata melirik kekanan memiliki batas rata-rata tegangan $\geq 2,13$ volt dan bola mata saat melirik ke kiri memiliki batas rata-rata tegangan $\leq 2,078$ volt. Hasil responden pengujian alat terhadap tiga orang dihasilkan nilai rata-rata akurasi ketika melirik kekanan sebesar 80%, melirik ke kiri 82% dan Normal 90%. Serta nilai error dari alat ketika melirik kekanan 20%, melirik ke kiri 18% dan bola mata normal 10%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih sebesar-besarnya kepada suami tercinta Asep Nurdiansyah yang telah mendukung dalam penelitian ini serta selalu memberikan motivasi penulis dan rekan penelitian Pak yadda dan Bu Elvan yuniarti yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, serta memberikan banyak ilmu kepada penulis. .

REFERENCES

- [1] J. C. W. Deenen, C. G. C. Horlings, J. J. G. M. Verschuuren, A. L. M. Verbeek, and B. G. M. Van Engelen, "The epidemiology of neuromuscular disorders: A comprehensive overview of the literature," *J. Neuromuscul. Dis.*, vol. 2, no. 1, pp. 73–85, 2015.
- [2] M. U. Atique, S. H. Rakib, and K. Siddique-erabbani, "An Electrooculogram Based Control System," pp. 1–4.
- [3] V. Yathunathan, S. Chandrasena, L. U. R. Umakanthan, A., Vasuki, "Controlling a wheelchair using EOG Signal," *IEEE*, pp. 283–288, 2015.
- [4] K. Subbulakshmi, "Computer Human Interface Control by Electro-Oculography (EOG) Signal," vol. 8, no. November, pp. 1–5, 2015.
- [5] F. Z. Rachman, "Smart Home Berbasis Iot," *Snitt*, pp. 369–374, 2017.
- [6] N. C. Tupkar, "Electro-oculography in the Field of Assistive Interaction Communication," no. March, 2015.
- [7] C. Anderson, A. M. Chang, J. P. Sullivan, J. M. Ronda, and C. A. Czeisler, "Assessment of drowsiness based on ocular parameters detected by infrared reflectance oculography," *J. Clin. Sleep Med.*, vol. 9, no. 9, pp. 907–920, 2013.
- [8] P. Saima and Z. Ansari, "Design and Implementation of Electro-Oculography," no. February, pp. 363–367, 2015.
- [9] S. Goñi, J. Echeto, A. Villanueva, and R. Cabeza, "Robust algorithm for pupil-glint vector detection in a video oculography eyetracking system," in *Proceedings International Conference on Pattern Recognition*, 2004, vol. 4, pp. 941–944.
- [10] Lestari, Dewi, and Elvan Yuniarti. "Analisis Aktifitas Otak dengan Elektroda Ag/AgCL Menggunakan Labview 2015." *InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan* 3.2 (2019): 143-146.
- [11] S. Ravishankar, G. R. Pingali, N. K. Polisetty, T. R. Pingali, K. Padmaja V, and A. Sista, "Eye-Gesture Controlled Intelligent Wheelchair using Electro-Oculography," in *PROCEEDINGS OF THE SEVENTEENTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL*

LIFE AND ROBOTICS (AROB 17TH `12), 2012, pp. 893–897.

- [12] Lestari, D. (2020). Rancang Bangun Home Automation Berbasis Ethernet Shield Arduino. *Al Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics*, 3(1), 21-28.
- [13] Muchlis, Ichwanul, Rizal Maulana, and Hurriyatul Fitriyah. "Implementasi Pengenalan Pergerakan Bola Mata Menggunakan Elektroda Dengan Exponential Filter." *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* e ISSN 2548 (2017): 964X.
- [14] Yasin, Rahmat Maulana, Abdullah Nur Aziz, and Hartono Hartono. "Rancang Bangun Sistem Kontrol Berbasis Biopotensial Mata (Studi Kasus: Mengontrol Aplikasi Berbasis Android)." *Jurnal Teras Fisika: Teori, Modeling, dan Aplikasi Fisika 1.1* (2018): 9-22.
- [15] Ramkumar, S., et al. "A review-classification of electrooculogram based human computer interfaces." *Biomedical Research* 29,6 (2018): 1078-1084.
- [16] Sanjaya, W. S. M., et al. "Design and Experiment of Electrooculogram (EOG) System and Its Application to Control Mobile Robot." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 180. No. 1. IOP Publishing, 2017.
- [17] Saputra, Mansur, Yunidar Yunidar, and Alfisyahrin Alfisyahrin. "DESAIN PENDETEKSI BIOLISTRIKGERAKAN MATA SACCADIC HORIZONTAL." *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro 2.1* (2017).
- [18] Arifin, Zairul. "Biopotensial Elektroda di Bidang Medis." *Majalah Kedokteran Nusantara* (2005).